

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

DIALOG(R) File 345:Inpadoc/Fam.& Legal Stat
(c) 2004 EPO. All rts. reserv.

11103213

Basic Patent (No,Kind,Date): EP 536538 A2 19930414 <No. of Patents: 005>

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applic No	Kind	Date	
DE 69217151	C0	19970313	DE 69217151	A	19920904	
<i>agun</i> EP 536538	A2	19930414	EP 92115177	A	19920904	(BASIC)
EP 536538	A3	19931215	EP 92115177	A	19920904	
EP 536538	B1	19970129	EP 92115177	A	19920904	
JP 5209791	A2	19930820	JP 92238416	A	19920907	

Priority Data (No,Kind,Date):

US 755931 A 19910906

PATENT FAMILY:

GERMANY (DE)

Patent (No,Kind,Date): DE 69217151 C0 19970313

VERFAHREN ZUR MESSUNG DER POLARISATIONSEMPFINDLICHKEIT OPTISCHER
VORRICHTUNGEN (German)

Patent Assignee: HEWLETT PACKARD CO (US)

Author (Inventor): HEFFNER BRIAN L (US)

Priority (No,Kind,Date): US 755931 A 19910906

Applic (No,Kind,Date): DE 69217151 A 19920904

IPC: * G01J-004/00; G01J-004/04; G01M-011/00

Derwent WPI Acc No: * G 93-118831

Language of Document: German

GERMANY (DE)

Legal Status (No,Type,Date,Code,Text):

DE 69217151 P 19970313 DE REF CORRESPONDS TO
(ENTSPRICHT)

EP 536538 P 19970313

DE 69217151 P 19970724 DE 8332 NO LEGAL EFFECT FOR DE
(WIRKUNG FUER DE NICHT EINGETRETEN)

EUROPEAN PATENT OFFICE (EP)

Patent (No,Kind,Date): EP 536538 A2 19930414

METHOD AND APPARATUS FOR MEASURING POLARIZATION SENSITIVITY OF OPTICAL
DEVICES (English; French; German)

Patent Assignee: HEWLETT PACKARD CO (US)

Author (Inventor): HEFFNER BRIAN L (US)

Priority (No,Kind,Date): US 755931 A 19910906

Applic (No,Kind,Date): EP 92115177 A 19920904

Designated States: (National) DE; FR; GB

IPC: * G01J-004/00

Derwent WPI Acc No: ; G 93-118831

Language of Document: English

Patent (No,Kind,Date): EP 536538 A3 19931215

METHOD AND APPARATUS FOR MEASURING POLARIZATION SENSITIVITY OF OPTICAL
DEVICES (English; French; German)

Patent Assignee: HEWLETT PACKARD CO (US)

Author (Inventor): HEFFNER BRIAN L (US)

Priority (No,Kind,Date): US 755931 A 19910906

Applic (No,Kind,Date): EP 92115177 A 19920904

Designated States: (National) DE; FR; GB

IPC: * G01J-004/00

Derwent WPI Acc No: * G 93-118831

Language of Document: English

Patent (No,Kind,Date): EP 536538 B1 19970129

METHOD FOR MEASURING POLARIZATION SENSITIVITY OF OPTICAL DEVICES

(English; French; German)

Patent Assignee: HEWLETT PACKARD CO (US)

Author (Inventor): HEFFNER BRIAN L. (US)

Priority (No,Kind,Date): US 755931 A 19910906

Applic (No,Kind,Date): EP 92115177 A 19920904

Designated States: (National) DE; FR; GB

IPC: * G01J-004/00; G01J-004/04; G01M-011/00

Derwent WPI Acc No: * G 93-118831

Language of Document: English

EUROPEAN PATENT OFFICE (EP)

Legal Status (No,Type,Date,Code,Text):

EP 536538 P 19910906 EP AA PRIORITY (PATENT APPLICATION) (PRIORITAET (PATENTANMELDUNG))

			US 755931 A 19910906	
EP 536538	P	19920904	EP AE	EP-APPLICATION (EUROPAEISCHE ANMELDUNG)
			EP 92115177 A 19920904	
EP 536538	P	19930414	EP AK	DESIGNATED CONTRACTING STATES IN AN APPLICATION WITHOUT SEARCH REPORT (IN EINER ANMELDUNG OHNE RECHERCHENBERICHT BENANNT VERTRAGSSTAATEN)
			DE FR GB	
EP 536538	P	19930414	EP A2	PUBLICATION OF APPLICATION WITHOUT SEARCH REPORT (VEROEFFENTLICHUNG DER ANMELDUNG OHNE RECHERCHENBERICHT)
EP 536538	P	19931215	EP AK	DESIGNATED CONTRACTING STATES IN A SEARCH REPORT (IN EINEM RECHERCHENBERICHT BENANNT VERTRAGSSTAATEN)
			DE FR GB	
EP 536538	P	19931215	EP A3	SEPARATE PUBLICATION OF THE SEARCH REPORT (ART. 93) (GESONDERTE VEROEFFENTLICHUNG DES RECHERCHENBERICHTS (ART. 93))
EP 536538	P	19940323	EP 17P	REQUEST FOR EXAMINATION FILED (PRUEFUNGSANTRAG GESTELLT) 940121
EP 536538	P	19951122	EP 17Q	FIRST EXAMINATION REPORT (ERSTER PRUEFUNGSBESCHIED) 951010
EP 536538	P	19970129	EP AK	DESIGNATED CONTRACTING STATES MENTIONED IN A PATENT SPECIFICATION (IN EINER PATENTSCHRIFT ANGEFUEHRTE BENANNT VERTRAGSSTAATEN)
			DE FR GB	
EP 536538	P	19970129	EP B1	PATENT SPECIFICATION (PATENTSCHRIFT)
EP 536538	P	19970313	EP REF	CORRESPONDS TO: (ENTSPRICHT)
			DE 69217151 P	19970313
EP 536538	P	19970627	EP EN	FR: TRANSLATION NOT FILED (FR: TRADUCTION N'A PAS ETE REMISE)
EP 536538	P	19971022	EP 25	LAPSED AS TO RULE 92 1 P (ERLOSCHEN GEM. REGEL 92 1 P)
			DE 970430	
EP 536538	P	19971029	EP 25	LAPSED AS TO RULE 92 1 P

(ERLOSCHEN GEM. REGEL 92 1 P)
 DE 970430
 EP 536538 P 19971029 EP 25 LAPSED AS TO RULE 92 1 P
 (ERLOSCHEN GEM. REGEL 92 1 P)
 DE 970430
 EP 536538 P 19980121 EP 26N NO OPPOSITION FILED (KEIN
 EINSRUCH EINGELEGT)
 EP 536538 P 20020101 GB IF02/REG EUROPEAN PATENT IN FORCE AS
 OF 2002-01-01
 EP 536538 P 20020123 GB 732E/REG PROCEEDING UNDER SECTION 32
 PATENTS ACT 1977 (PROC. UNDER SECT. 32 PAT.
 ACT 1977)

JAPAN (JP)

Patent (No,Kind,Date): JP 5209791 A2 19930820
 APPARATUS FOR MEASURING POLARIZATION SENSITIVITY OF OPTICAL APPARATUS,
 (English)
 Patent Assignee: HEWLETT PACKARD CO
 Author (Inventor): BURAIAN ERU HEFUNAA
 Priority (No,Kind,Date): US 755931 A 19910906
 Applic (No,Kind,Date): JP 92238416 A 19920907
 IPC: * G01J-004/04
 Language of Document: Japanese

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平5-209791

(43) 公開日 平成5年(1993)8月20日

(51) Int.Cl.⁵

G 0 1 J 4/04

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

Z 8707-2G

審査請求 未請求 請求項の数1(全 22 頁)

(21) 出願番号 特願平4-238416

(22) 出願日 平成4年(1992)9月7日

(31) 優先権主張番号 7 5 5 9 3 1

(32) 優先日 1991年9月6日

(33) 優先権主張国 米国 (U S)

(71) 出願人 590000400

ヒューレット・パッカード・カンパニー

アメリカ合衆国カリフォルニア州パロアル

ト ハノーバー・ストリート 3000

(72) 発明者 ブライアン・エル・ヘフナー

アメリカ合衆国カリフォルニア州94061レ

ッドウッド・シティ, ハドソン・ストリー

ト・925

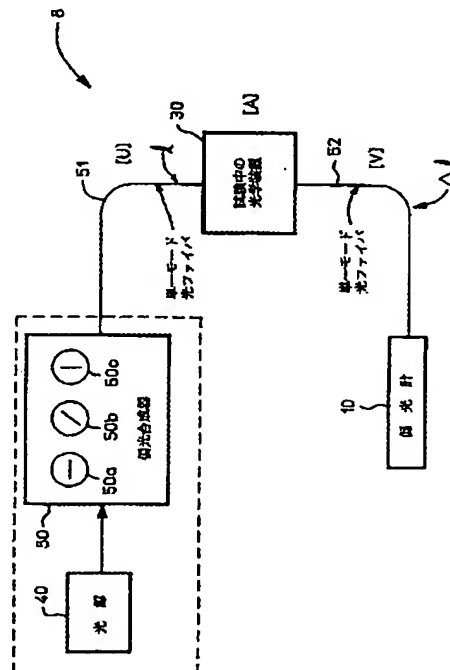
(74) 代理人 弁理士 古谷 馨 (外2名)

(54) 【発明の名称】 光学装置の偏光感度を測定する装置

(57) 【要約】 (修正有)

【目的】 試験中の光学装置の偏光状態を測定して、該光学装置の偏光感度を決定することのできる計器を提供すること。

【構成】 光源40と偏光計10とを備えた計器8。光ビームは、空間フィルタとして作用する単一モード光ファイバ51、52を介して偏光計10に入る。光ファイバ51、52により惹起された光ビーム偏光の歪みは、二個の異なった直線偏光光ビームを導入することにより、かつ校正行列を構成するのに用いられるストークスパラメータを測定することにより補正される。三個の順次所定偏光状態は三個の対応するジョーンズ入力ベクトルを産出し、ストークスパラメータは三個のジョーンズ出力ベクトルに変換される。複素定数内への光回路に対するジョーンズ行列が、ジョーンズ入力及び出力ベクトルから計算される。相対偏光感度がこの光回路に対する行列から決定される。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 光の入射ビームの偏光を測定する偏光計において、

光軸を有する光ビームを受光、ろ波し、該ろ波した光ビームの強度分布が該ビームの前記光軸の周りにほぼ均一となる光学空間フィルタと、

前記ろ波された光ビームを四個の部分ビームに分離する手段と、

第一の前記部分ビームの光路に配置され、それへ第一の偏光を伝える第一の光学要素と、

第二の前記部分ビームの光路に配置され、それへ第二の偏光を伝える第二の光学要素と、

第三の前記部分ビームの光路に配置され、それへ第三の偏光を伝える第三の光学要素と、

それぞれが前記四個の部分ビームの異なった一個を受光し、その部分ビームの強度を表示する信号を供給する四個の光検出器と、

該光検出器により供給される信号から前記光の入射ビームの偏光を計算する手段とを備えたことを特徴とする偏光計。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、光ビームの偏光状態を測定する電子計器の分野に関し、更に詳細には、試験中の光学装置（即ち、光学系、サブシステム、または構成要素）が発生する入射光ビームの偏光状態に与える影響を検出することができる計器に関する。特に、本発明の一実施例は、所定の偏光状態にある光ビームを試験中の光学装置に当て、異なる偏光状態に対する該光学装置の応答特性を調べて光学装置の偏光感度を決定する方法および装置を提供している。本発明の一実施例は、自動偏光感度測定を行い、例えば、入射光ビームの種々な可能な偏光状態、および最大および最小の透過（または最大および最小の反射）が生ずるそれぞれの偏光状態に応じて試験中の光学装置の最大および最小の透過（または最大および最小の反射）を確認する。

【0002】

【従来の技術】 光ビームの偏光状態を測定する既知の種々な手法が存在している。光ビームの偏光状態を測定する従来の手法は、波長板および直線偏光子をビームの光路内に整列させることである。波長板は光軸の周りに回転できるように構成されており、典型的には四分の一波長板である。光検出器のような光学センサが下流に設置されて、波長板および偏光子により伝えられた光の強さを測定する。

【0003】 動作中、波長板を光軸の周りに直線偏光子に対して複数の角位置に順次回転させ、透過光強度を各角位置で光検出器により測定する。光ビームの偏光状態の決定には四つの異なる角位置のうち最小になる強度測定値が必要である。周知のように光ビームの偏光状態は

2

これら強度測定値から計算することができる。

【0004】 この手法には波長板を機械的に動かす必要があるという欠点がある。それ故、偏光状態の測定の速さは波長板を回転することができる速さにより制限され、波長板を手で回転させる場合には、偏光状態の測定は時間がかかって不便である。上の制限を克服する装置が米国特許第4,681,450号に、およびアザム・アール・エム・エー (Azzam, R.M.A.)、他の「4個の検出器を有する光偏光計の構成、校正及び試験 (Construction, Calibration, and Testing of a Four-Detector Photo-Polarimeter)」, 科学計器評論誌 (Rev. Sci. Instruments), 59 (1), 1月 (January), 1988, p.p.84~88に開示されている。この装置は、その偏光状態を測定する光ビームの光路に直列に設置された一連の4個の光検出器から構成されている。光ビームは第1の3個の光検出器の各々を次々に斜めに打ち、部分的に鏡面反射される。各鏡面反射は反射光ビームの偏光状態を変える。各光検出器は光エネルギーの吸収部分に比例する電気信号を発生する。光ビームは第4の光検出器に実質上完全に吸収される。4個の光検出器により発生された電気信号は入射光ビームのストークスパラメータを計算することができ、このパラメータがビームの偏光状態を決定する。この装置には機械的動きがないから、前述の装置の速度制限または手操作測定の不便さは無い。

【0005】 しかし、米国特許第4,681,450号に開示されている装置には、各光検出器表面で反射された光ビームの偏光状態の変化が実質上波長依存性であるという欠点がある。この装置は異なる既知の偏光状態の四つの校正光ビームを使用して校正しなければならない。この校正は異なる各波長について繰返さなければならない。更に、少なくとも一つの校正光ビームは直線的に偏光してはならず、このようなビームを正確に発生するのは不便である。米国特許の第4,681,450号に開示されている装置の校正は、それ故、手に負えない仕事である。その結果、装置の効率および正確度は、特に幾つかの異なる光ビームの偏光状態を測定しようとするとき、限定される。

【0006】 偏光測定を行う他の装置は米国特許第4,158,506号に開示されている。この装置は、ナノ秒の光パルスの偏光状態を測定するのに適していると示されているが、直線偏光子および波長板の対応するアセンブリの後に設置された6個の光検出器のアセンブリを備えている。光ビームは直線偏光子のすべてを同時に通過し、各偏光子から伝えられた光強度を対応する光検出器により検出し、測定する。6個の光検出器により発生される電気信号を使用して入射光ビームのストークスパラメータを求め、その偏光状態を示すことができる。

【0007】 最後に、他の光学偏光測定装置がヨーロッパ特許出願第8817382号に開示されている。この装置では、入射光ビームは、ビームエキスパンダを通過し、

該ビームの別々の四つの部分が4個の共平面ストークスフィルタを通過する。光ビームの四つの部分が受取った光の強さを測定する4個の関連光検出器上に焦点を結ぶ。該光検出器により発生された電気信号は入射光ビームのストークスパラメータを決定してその偏光状態を示すのに使用される。

【0008】米国特許第4,681,450号およびヨーロッパ特許出願書第8817382号に開示されている装置は、その偏光状態を測定しようとする入射光ビームを光学素子に対して確実に正しく整列してすべての光検出器が同じビームを受けようとする設備が存在しないという点で同じ欠点を有している。更に、装置を校正する設備が設けられていない。ヨーロッパ特許出願書第8817382号は光ファイバ入力を開示し、ファイバ光学材料を通る光ビームの透過から生ずる「偏光ノイズ」の現象を開示しているが、入力ファイバの偏光ひずみを匡正する技法は開示されていない。

【0009】その他、米国特許第4,306,809号は、自動的に回転して偏光ビームが当る材料の偏光特性をミューラー行列を測定することにより決定する光学素子を備えた装置を開示している。しかし、この装置も、上述の装置も、入射光ビームの種々の偏光状態に応じて光学装置の偏光感度を決定することができない。

【0010】この点に関して、光学装置の正確な特性測定は、光学装置が更に複雑になり、光学装置の用途が、例えばファイバ光学通信において、増えるにつれて、益々重要になりつつある。光入力および光出力を有する任意の光学装置の基本的な仕様の一つは偏光感度、即ち、光学装置の入力に入射する偏光の状態が変わるにつれて装置を透過する（または装置により反射される）光学パワーの変化、である。例えば、ファイバ光学方向性結合器の分割比および過剰損失、光学アイソレータの挿入損失、および光学増幅器の利得はすべて偏光の入力状態が変わるにつれて変化を示す可能性がある。このような光学装置を大部分の実用的用途で有効に使用するためには、その透過特性及び/または反射特性の偏光感度を知らなければならない。

【0011】従来、試験中の光学装置(DUT)の偏光感度は、光源の偏光の入力状態がすべての可能な偏光状態にわたり変化している間に偏光非依存検出器または光学パワーメータを用いて光学DUTの出力パワーを監視することにより直接測定している。これは困難で且つ時間のかかる方法である。

【0012】その上、光源の偏光の固定出力状態を任意の所望の偏光状態に変換する多数の装置が考案されている。このような装置を一般に偏光制御器と言う。例えば、二つの独立に回転し得る四分の一波長板が開放空間を伝播する光ビームに適する偏光制御器を構成し、二つ以上の可変方位の単一モード光ファイバルーブが、ファイバ光学系の偏光制御器として動作することができる。

ルフェブル・エイッチ・シー (LeFevre, H.C.) の「単一モードファイバ部分波装置および偏光制御器 (Single-mode fiber fractional wave devices and polarization controllers)」、電子手紙 (Elect. Lett.), 16, 1980, p.p. 778~780を参照のこと。これら偏光制御器は共に人手で操作するものであり、それ自身を自動化するようにはなっていない。

【0013】電子的に制御され得る偏光制御器の代替装置が存在する。例えば、光ファイバにおけるひずみ誘起複屈折に基づく偏光制御器は、圧電素子または電磁素子により構成されているが、電気光学結晶または導波管に基づく偏光制御器を有するとして実証されている。ウォーカー・エヌ・ジー (Walker N.G.), およびウォーカー・ジー・アール (Walker, G.R.) の「コヒーレント通信のための偏光制御 (Polarization control for coherent communications)」、光波技術ジャーナル (J. Lightwave Technol.), 8, 1990, p.p. 438~458を参照。これらの偏光制御器は一層容易に自動化することができるが、このような偏光制御器を採用して偏光感度を測定する計器には二つの基本的な短所がある。一つの短所は偏光制御器への制御入力、特に光源の波長が変わるとき、容易に確認し得る様式で偏光の出力状態に関連しないということである。その上、偏光制御器の出力強度は通常、制御入力の弱い関数であり、この強度の可変性が測定全体の不正確さに直接変わる。第2の、更に重大な短所は、探索アルゴリズムが必要なことである。完全に（部分的ではなく）偏光した光源の状態には二つの自由度があるので、最大および最小の透過（または反射）を探索しながら、2次元空間にわたり偏光制御器の出力で偏光の状態を変える必要がある。

【0014】

【発明が解決しようとする課題】それ故、異なる偏光状態に対する光学装置の応答特性を、例えば、光学装置の設計中に、評価することができるように、入射光ビームの種々の偏光状態に対して試験中の光学装置の偏光感度を測定しやすい方法および装置が必要である。その上、このような偏光感度の測定は、校正され、正確に且つ迅速に得ることができる他に、行うのに便利であることも望ましい。

【0015】種々の偏光状態の光ビームを発生し、試験中の光学装置の効果により該ビームに関して発生された偏光状態を測定して該光学装置の偏光感度を決定することができるようにする計器を提供するのが本発明の目的である。

【0016】他の目的は、このような偏光感度を波長の実質的範囲にわたり測定する計器を提供することである。

【0017】本発明の更に他の目的は、正確に校正するのに便利な、偏光感度を測定する計器を提供することである。

5

【0018】本発明のなお他の目的は、計器に組込まれている偏光計の入力ファイバ光学により生じた偏光状態のひずみを既知の偏光の二つ以下の基準光ビーム源を使用して匡正する計器を較正する方法を提供することである。

【0019】本発明の他の目的は、計器に組込まれている偏光計の入力径路に任意の光回路により生じた、完全には偏光していない、偏光状態のひずみを既知の偏光の三つ以下の基準光ビーム源を使用して匡正する計器を較正する方法を提供することである。

【0020】

【課題を解決するための手段】本発明の一実施例は、試験中の光学装置の透過または反射の偏光感度を、少なくとも三つの偏光状態を発生する偏光光源、および偏光計を使用して測定する方法および装置を提供する。本発明の一実施例による方法は、入射光ビームに対する試験中の光学装置の応答を、三つのジョーンズ入力ベクトルに対応する三つの順次偏光状態を有する光ビームを発生し、ビームを光学装置に当て、透過ビームまたは反射ビームを四つのビームに分割し、該ビームのうち三つを光学素子を通して、光検出器により四つのビームすべての強さを測定することにより測定する。次にストークスパラメータをこれら測定の結果から計算し、ジョーンズ出力ベクトルに変換する。次に試験中の光学装置に対するジョーンズ行列を複素定数内で計算する。その後、試験中の光学装置の相対偏光感度をこの行列から決定することができる。

【0021】好適には、光源は、光源により発生された光ビームの偏光状態を三つの既知の偏光状態、例えば、水平、60°、および120°の直線偏光状態に順次変換するのに使用される偏光合成器に結合される。三つの偏光状態は同じ強さである必要はない。偏光合成器により発生された光ビームは未知のジョーンズ行列を有する試験中の光学装置に供給される。光ビームは試験中の光学装置に当たり、光ビームの透過部分または反射部分は偏光状態を測定する偏光計に送られる。偏光計は光パワーを測定する必要はない。

【0022】試験中の光学装置は開放ビーム内に設置することができる、または単一モード光ファイバと接続することができる。単一モード光ファイバの透過損失の偏光依存性は典型的には、測定することができないほど充分小さく、それ故、無視することができる。

【0023】偏光計では、光ビームの受光部分を四つのビームに細分し、3組の光学素子で処理する。光学素子の一つは水平直線偏光子であり、第2は偏光方向が第1の光学素子に対して光軸の周りに45°の角を成している直線偏光子であり、第3の素子は円偏光子である。第4のビームの測定は、四つのストークスパラメータのすべてを決定することができる全入射強度に比例する正規化係数を発生する。光ビームの受光部分は好適に、他の光

6

学素子と共に偏光計内の光ビームの受光部分の位置および整列を制御する空間フィルタとして動作する単一モード光ファイバを通して偏光計に入る。ファイバ光学入力により生じた偏光ひずみを既知の直線偏光の二つの基準光源を使用して匡正する光ファイバ較正法が設けられている。

【0024】偏光合成器により発生された三つの既知の順次入力偏光状態は三つのジョーンズ入力ベクトルを生ずる。三つの順次偏光状態の各々に対する光学装置の応答に関するストークスパラメータは対応する三つのジョーンズ出力ベクトルに変換される。次に試験中の光学装置に対するジョーンズ行列をジョーンズ入力ベクトルおよび出力ベクトルから複素定数以内に計算する。最後に、試験中の光学装置に対するこの行列から相対偏光感度を決定することができる。また、試験中の光学装置を含む、完全に偏光していない光回路の効果を較正し盡したい場合には、光回路により生じた偏光状態の相対ひずみを、三つの順次入力偏光状態を使用して光回路の行列を決定し、光回路による以後のすべての測定中光回路の行列の逆をジョーンズ出力ベクトルに乗ずることにより、匡正することができる。その他、試験中の光学装置および/または光回路の他に（大気または単一モード光ファイバ）により置き換えられた光学系に関するパワー測定により、ジョーンズ行列を計算することができるので絶対偏光感度を決定することができ、絶対較正を行うことができる。

【0025】

【実施例】本発明による較正されて、正確で、便利な偏光感度測定を行う計器の一実施例を、全般的に数字8で示して、図1に図示してある。計器8は、光ビーム1を試験中の光学装置(DUT)30に供給する偏光光源9、および光学DUTにより伝達された光ビームの一部Δ1を受ける偏光計10を備えている。実際には、偏光光源9は、図1にそれら素子を囲んで破線で示したように、光源40および偏光合成器50を備えることができる。例えば、光源40は、1300ナノメートルのような所定波長の光ビームを発生する固体レーザとすることができる。偏光合成器50は好適に三つの異なる偏光子50a、50b、および50cを光源40により発生された光ビームの径路に順次挿入して光ビーム1の三つの順次偏光状態を発生するよう自動化されている。便宜上、偏光子50a、50b、および50cは直線偏光状態を伝えるのが望ましいが、代わりに、それらを楕円偏光状態を伝えるよう選択することができる。可変または可回転波長板を含む、他の偏光発生器をも使用することができる。

【0026】図2に示すように、光学DUT30により伝えられた光ビームの部分Δ1は、単一モード光ファイバ11を通して、偏光計10に入り、ここでビームの空間周波が行われる。入力光ファイバ11により生じた偏光状態のひずみを既知の偏光の二つ以下の基準光ビームを使用して

匡正する較正方法については後に説明することにする。偏光計10は、入力光ファイバ11が単一モードの伝播を支持する波長の範囲で動作することができる。例えば、1.3ミクロン伝送用にコーニング・ガラス (Corning Glass) が製造している標準の長距離通信ファイバは1.2~1.6マイクロメートルの波長範囲にわたり単一伝播モードを支持することができる。

【0027】光ビームΔ1は無関係に動き得る四分円12a、12b、12c、および12dに区分されている収束凹面鏡12に進む。偏光計10の効率および正確度は、光ビームΔ1を四分円12a~12dの間に確実に反復可能に分配する入力光ファイバ11の空間的波機能により高められる。収束凹面鏡12は、図2に示すように、ビームを四つの別々のビームに分割する。四つのビームは充分に分離して異なる光学素子をそれらの径路に設置できるようにする。ビームを「Δ1a」、「Δ1b」、「Δ1c」、および「Δ1d」と名付ける。

【0028】「Δ1b」と記されたビームは水平偏光軸を有する直線偏光子14を通過する。ビーム「Δ1c」は直線偏光子14に対して光軸の周りに45°の角度傾いた偏光軸を有する直線偏光子15を通過する。ビーム「Δ1d」は四分の一波長板17を通過し、次いで直線偏光子15と同じ方向を向いている直線偏光子16を通過する。この組み合わせは円偏光子である。最後に、ビーム「Δ1a」はその光路に光学素子を備えていない。

【0029】四つのビーム「Δ1a」~「Δ1d」は、それぞれの光検出器18、19、20、または21を打ち、実質上吸収される。各光検出器18~21は吸収された光エネルギーの強さに比例する電気信号を発生する。光検出器18は振幅Tの信号を発生し、光検出器19は信号Hを発生し、光検出器20は信号Fを発生し、光検出器21は信号Cを発生する。偏光計10の測定周波数は光検出器18~21の周波数応答によってのみ制限されるが、これは1GHzを容易に超えることができる。

【0030】収束凹面鏡12の各四分円12a~12dは、それを打つ光ビームの部分Δ1が、場合に依りて直接にまたは光学素子14~17を介して対応する光検出器18~21に焦点を結ぶよう調節されている。四分円鏡の部分12a~12dに対する調節機構は、当業者が容易に構成することができるので、図示してない。

【0031】光検出器18~21により発生された電気信号は、アナログ・デジタル変換器回路を備えているマイクロプロセッサ27に伝えられる。光検出器18~21が発生する電気信号の振幅は図1に示す光学DUT30により伝えられる光ビームの部分Δ1のストークスパラメータを決定するのに使用される。この説明の目的では、ストークスパラメータの定義は、エム・ボルン (M. Born) およびイー・ウルフ (E. Wolf) が著した周知の論文「光学原理 (Principles of Optics)」パーガモン・プレス (Pergamon Press), 第4版、ロンドン (London), 1970, p. 50

p. 30~32に基づいている。これらパラメータには記号「S0」、「S1」、「S2」、および「S3」が付けてあり、これら四つの量のすべての仕様は、光学素子14~17の既知の構成および光検出器18~21により測定された強度に基づいているが、光ビームΔ1の偏光状態を決定する。光検出器18~21により発生された電気信号T、H、F、およびCは次の式によりストークスパラメータと関係づけられている。

【0032】

【数1】

$$(1) \quad S_0 = T$$

【0033】

【数2】

$$(2) \quad S_1 = 2H - T$$

【0034】

【数3】

$$(3) \quad S_2 = 2F - T$$

【0035】

【数4】

$$(4) \quad S_3 = 2C - T$$

【0036】ストークスパラメータS0は単に全光強度である。ストークスパラメータS1、S2、およびS3は光検出器18~21により発生された電気信号から方程式(2)~(4)によって決まる。偏光の程度は次式によって与えられる。

【0037】

【数5】

(5)

$$D = \frac{\sqrt{S_1^2 + S_2^2 + S_3^2}}{S_0}$$

【0038】このような計算は図2に示すマイクロプロセッサ27により自動的に行うことができる。

【0039】以前には、試験中の光学装置(DUT)の偏光感度を測定するのに、光学DUTの偏光感度を、光源の偏光の入力状態を可能なすべての偏光状態にわたって変えながら、光学DUTの出力パワーを偏光不依存検出器または光学パワーメータを用いて監視することにより直接測定していた。従来の偏光感度測定の正確度および利便性は、しかしながら、所要の程度には達していなかった。

【0040】以下の説明の目的で、図1に示す光学DUT30の偏光感度の決定を、光学DUTを通る光ビーム1の透過の測定を伴う場合について説明することにする。代わりに、透過測定の代わりに、後に簡単に説明するように、ビームスプリッタまたは方向性結合器を採用することにより反射の測定を行うことができる。透過測定または反射測定のいずれかに基づく偏光感度の決定は透過の場合を分析することにより理解することができ、これについて次に説明することにする。

【0041】偏光感度の適切な説明は光学DUTのトポロジに依る。一つの光入力および一つの光出力を備えた簡単な光回路の偏光感度は、入射光ビームの偏光の入力状態が可能なすべての偏光状態にわたり変わるときの強度透過係数の最小対最大の比を表す一つの実数により特徴づけることができる。同様に、 n 個の入力および m 個の出力を備えた光回路は、各々の数が特定の入力出力対の偏光感度を表している実数の $n \times m$ 行列で特徴づけることができる。本発明による偏光感度の決定方法は任意の光回路に適用できる。

光学系の偏光特性の取扱いについての有用で簡潔な形式論は、1941~1956年の期間中にアール・シー・ジョーンズ (R. C. Jones) により導入された。ジョーンズ・アール・シー (Jones, R. C.) の「光学系の取扱いに関する新しい計算法。I. 計算法の説明および討論 (A new calculus for the treatment of optical systems. I. Description and discussion of calculus,)」、アメリカ光学会誌 (J. Optical Soc. Am.), 31, 1941, p.p. 488~493; 「光学系の取扱いに関する新しい計算法。II. 一般的に等価な三つの定理の証明 (A new calculus for the treatment of optical systems. II. Proof of three general equivalence theorems,)」、アメリカ光学会誌 (J. Optical Soc. Am.), 31, 1941, p.p. 493~499; 「光学系の取扱いに関する新しい計算法。III. 光学活性のジョーンケ理論 (A new calculus for the treatment of optical systems. III. The Sohncke theory of optical activity,)」、アメリカ光学会誌 (J. Optical Soc. Am.), 31, 1941, p.p. 500~503; 「光学系の取扱いに関する新しい計算法。IV. (A new calculus for the treatment of optical systems. IV.)」、アメリカ光学会誌 (J. Optical Soc. Am.), 32, 1942, p.p. 486~493; 「光学系の取扱いに関する新しい計算法。V. 別の計算法の更に一般的な様式化と説明 (A new calculus for the treatment of optical systems. V. A more general formulation and description of another calculus,)」、アメリカ光学会誌 (J. Optical Soc. Am.), 37, 1947, p.p. 107~110; 「光学系の取扱いに関する新しい計算法。VI. 行列の実験的決定 (A new calculus for the treatment of optical systems. VI. Experimental determination of the matrix,)」、アメリカ光学会誌 (J. Optical Soc. Am.), 37, 1947, p.p. 110~112; 「光学系の取扱いに関する新しい計算法。VII. N 行列の性質 (A new calculus for the treatment of optical systems. VII. Properties of the N -matrices,)」、アメリカ光学会誌 (J. Optical Soc. Am.), 38, 1948, p.p. 671~685; 「光学系の取扱いに関する新しい計算法。VIII. 電磁気理論 (A new calculus for the treatment of optical systems. VIII. Electromagnetic theory,)」、アメリカ光学会誌 (J. Optical Soc. Am.), 46, 1956, p.p. 126~131を参照されたい。ジョーンズ (Jones) の計算法の概要はクリ

ーガー・デー・エス (Kliger, D. S.), ルイス・ジェー・ダブリュー (Lewis, J. W.), およびランドール・シー・イー (Randall, C. E.) の「光学および分光学における偏光 (Polarized light in optics and spectroscopy,)」、アカデミック・プレス (Academic Press), サン・ディエゴ (San Diego), 1990の第4章に与えられている。

【0042】一般に、ジョーンズ (Jones) は未知の線形の、時間不変な光学装置の順方向透過行列 M を実験的に決定する明白な式を得た (ジョーンズ・アール・シー (Jones, R. C.) 「光学系の取扱いに関する新しい計算法。VI. 行列の実験的決定 (A new calculus for the treatment of optical systems. VI. Experimental determination of the matrix,)」、アメリカ光学会誌 (J. Optical Soc. Am.), 37, 1947, p.p. 110~112)。この制限により入射光ビームのものと異なる新しい光周波数を発生する光学装置が除外される。

【0043】また、ジョーンズのベクトルは部分偏光場を表すのに使用することはできない。しかし、これは、光源からの光ビームは直線偏光子により完全に偏光させることができるので、実用上に制限にはならない。

【0044】更に、ジョーンズ行列は偏光解消光学DUTを表すことができない。しかし、偏光解消の効果は、コヒーレント長が充分長い疑似単色光源を使用して除去することができる。

【0045】これらの制約を受けて、ジョーンズの計算法は、図1に示す光ビーム1のような光ビームの偏光の位相および状態を完全に指定する 1×2 複素円柱場ベクトルにより入力光電界を表すことができる。このベクトルの二つの複素要素はそれぞれ光電界の x および y 成分の振幅および位相を表す。光学DUT30のような光学DUTは 2×2 複素行列により表される。光学DUTの入力光電界に及ぼす効果は電界ベクトルに光学DUTを表す行列を乗じて光ビームの透過部分 ΔI を表す出力光電界ベクトルを得ることにより見出される。

【0046】対照して、光学DUT30の偏光感度を測定する本発明による方法の一実施例は、出力光電界ジョーンズベクトルを得るのに必要な光ビームの透過部分 ΔI について強度測定を行い、入力および出力ジョーンズベクトルから光学DUT30に対するジョーンズ行列を計算する、光ビーム1の三つの既知の偏光状態に関する入力光電界ジョーンズベクトルの指定に基づく。その後で、本発明の方法は、ジョーンズ行列の計算値から光学DUT30の偏光感度を決定する。これは光学DUT30の偏光感度の正確な決定を行う他に、行わなければならない実際の測定の数を可能な限り少なくする、即ち測定を迅速且つ便利にする。有利にも、この方法はまた、偏光計10の入力経路に、任意の光回路により生じた、完全に偏光していない、偏光状態のひずみを、後に説明する既知の偏光の三つ以下の基準光ビームを使用して匡正する校正を可能とする。しかし、最初に、本発明の偏光感度決定方法を

更に詳細に説明することにする。

【0047】本発明による方法の一実施例は、光ビーム1の既知の三つの順次偏光状態に応じて図1に示す光学DUT30の透過の偏光感度を決定する。光源40の出力は偏光合成器50の入力に接続されている。偏光合成器50は、光源40により発生された光ビームの偏光状態を三つの順次に決まる所定の偏光状態、例えば、水平、60°、および120°の直線偏光に順次変換するのに使用される。三つの偏光状態は同じ強さのものである必要はない。

【0048】偏光合成器50の出力は、光学DUT30の入力に接続されている。光学DUT30の透過ジョーンズ行列は未知である。図示するように、光学DUT30の偏光感度は一旦行列が決まればこのジョーンズ行列から求めることができる。本発明の方法によれば、未知のジョーンズ行列は、光ビーム1の所定の三つの順次偏光状態に対する光学DUT30の応答の測定値（ストークスパラメータ測定値）から計算される。

【0049】更に詳細に考察するため、光学DUT30の偏光感度を決定する方法の一実施例を図3に示す。偏光感度は、光学DUT30を通しての或る偏光状態の最小透過に対する或る偏光状態の最大透過の比であると定義することができる。一般に、透過の場合に対する偏光感度は I_{\max}/I_{\min} と表すことができる。

【0050】上に示したように、光学DUT30の偏光感度を決定する本発明による方法の一実施例はジョーンズの計算法を採用している。光学DUT30の偏光感度を決定するのにジョーンズの計算法を使用すれば、光学DUTに供給される光ビーム1は既知の偏光状態のものでなければならない。それにもかかわらず、光源40はどんな光エネルギー源とすることもでき、光源から発生される光ビームは、楕円偏光ビームまたは非偏光ビームのような直線偏光ではないビームを含めて、どんな偏りを備えることもできる。それは、偏光合成器50が光源40から発生した光ビームを、光ビーム1が偏光合成器を出るとき確実に偏光状態が既知のものにするからである。しかし、光源40が直線偏光ビームを発生すれば、光源の選択および偏光合成器50の順次設定値は、光源により発生されたビームの偏光状態が偏光合成器の設定値の一つによりビームの完全な波（即ち、相殺）を生ずることがないようにしなければならない。

【0051】光学DUT30の偏光感度を測定する本発明の方法の一実施例によれば、偏光合成器50は、光学DUTに供給される光ビーム1が図3に数字60で示したように、三つの所定の偏光状態を有するように三つの所定の偏光設定値に順次設定される。例えば、偏光合成器50を0°、60°、および120°の直線偏光状態を順次発生するように設定することができる。偏光状態は既知であり、またそれらの偏光状態は直線であるから、図3のステップ60

で示すように、三つの入力光電界ジョーンズベクトルを指定することができる。即ち、

【0052】

【数6】

(6)

$$q_i = \begin{bmatrix} \cos \theta_i \\ \sin \theta_i \end{bmatrix}$$

【0053】ここで i は偏光合成器50の三つの順次設定値に対応する1、2、3であり、 θ_i は現在の設定値での偏光状態に対応する角度である。

【0054】三つの所定の順次入力偏光状態を有する光ビーム1は、図3に数字62で示したように、大気を通して（開放ビーム）または光ファイバ51を通して光学DUT30に供給される。光学DUT30は偏光合成器50の三つの所定の順次設定値の各々により発生された光ビームの偏光状態に影響を及ぼす。

【0055】上述のように、光学DUT30の偏光感度は光学DUTが偏光解消していればジョーンズの計算法を用いて正確に決定することはできない。しかし、偏光解消光学DUT30の影響は、スペクトル線の幅が非常に狭い光源40を用いることにより、即ち、コヒーレンス長が充分長い疑似単色性の光源を用いることにより、除去することができる。

【0056】光学DUT30の偏光感度は、方程式(6)により与えられる既知の三つの順次入力電界ジョーンズベクトルおよび所定の三つの順次偏光入力状態に対する光学DUTの三つの応答の測定値から、次のように求めることができる。光学DUT30を通る透過の場合には、偏光合成器50により発生された光ビーム1のそれぞれの偏光状態が順次光学DUTに当る。結果として生ずる光ビームの部分Δ1の三つの偏光状態は順次光学DUT30を出て、開放ビームまたは光ファイバ52により偏光計10に供給される。図3に数字64で示すように、偏光計10は、先に記したように、ストークスパラメータを測定し、これから光学DUT30により発生される光ビームΔ1の三つの順次偏光状態の各々の偏光状態を計算することができる。

【0057】偏光計10は、それが受取った光ビームΔ1の三つの順次偏光状態のストークスパラメータを測定し、図3に数字66で示したように、対応するストークスベクトルを計算する。これは光ビームΔ1の各受光偏光状態について図2に示す信号H、T、C、およびFを測定することにより行われる。所定の三つの順次入力偏光状態に対するストークスベクトルは次のとおりである。

【0058】

【数7】

13
(7)

$$S_i = \begin{pmatrix} S_{i0} \\ S_{i1} \\ S_{i2} \\ S_{i3} \end{pmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 2 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 2 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & 2 \end{bmatrix} \begin{pmatrix} H_i \\ T_i \\ C_i \\ F_i \end{pmatrix}$$

【0059】ここで $i=1, 2, 3$ で、偏光合成器50の所定の三つの順次設定値による光ビーム ΔI の三つの順次偏光状態に対応し、行列は光学素子14~17の存在により指定される偏光計10の計器行列であり、 $H, T, C,$ および F は光検出器18~21により発生された電気信号である。実際には、計器行列は、光学素子14~17の不完全および光ビーム ΔI の光検出器18~21への分配の不均一の結果方程式(7)で示すものとは違うことがあり、従って、確認しなければならない。

【0060】ジョーンズの計算法は、光電界の x 成分と y 成分との間の相対位相情報が存在する場合に限り光学DUT 30の偏光感度の決定に使用することができる。偏光感度を決定する本発明の方法はストークスベクトル S_i が光電界の x 成分と y 成分との間の相対位相情報を備えていることを確認している。それ故、ストークスベクトルを、図3の数字68で示したように、次に説明するように、出力電界ジョーンズベクトルに変換することができる。

【0061】最初に、三つのストークスベクトルの各々の方程式(5)により与えられる偏光の程度は S_{i0} の測定値を S_{i0}' に変えることにより1に等しく設定する。

【0062】

【数8】

(8)

$$S'_{i0} = \sqrt{S_{i1}^2 + S_{i2}^2 + S_{i3}^2}$$

(10)

$$r_i = \frac{1}{\sqrt{1 + \beta_i^2}} \begin{pmatrix} 1 \\ \beta_i e^{j\phi_i} \end{pmatrix}, \quad \text{ここで } \beta_i = \sqrt{\frac{1 - N_{i1}}{1 + N_{i1}}} \text{ および}$$

$$\phi_i = \begin{cases} \tan^{-1} \frac{N_{i3}}{N_{i2}}, & \text{ここで } N_{i2} > 0 \\ \pi + \tan^{-1} \frac{N_{i3}}{N_{i2}}, & \text{ここで } N_{i2} < 0 \\ \frac{\pi}{2}, & \text{ここで } N_{i2} = 0 \text{ および } N_{i3} \geq 0 \\ -\frac{\pi}{2}, & \text{ここで } N_{i2} = 0 \text{ および } N_{i3} < 0 \end{cases}, \quad i=1, 2, 3.$$

【0068】次に、光学DUT30のジョーンズ行列を次の50ように規定する。

14

* 【0063】ここで $i=1, 2, 3$ 。これはノイズの影響を低減する。

【0064】また、ストークスベクトルを出力電界ジョーンズベクトルに変換するのに必要な次の正規化ストークスパラメータを定義する。

【0065】

【数9】

(9)

$$N_{i1} = \frac{S_{i1}}{S'_{i0}}$$

$$N_{i2} = \frac{S_{i2}}{S'_{i0}}$$

$$N_{i3} = \frac{S_{i3}}{S'_{i0}}$$

【0066】出力電界ジョーンズベクトルを今度は、偏光合成器50の三つの順次設定値の各々について、単位偏光程度を有する正規化ストークスベクトルに基づき次の変換式に従ってストークスベクトルから得ることができる。

【0067】

【数10】

*

【0069】

* * 【数11】

(11)

$$M = k \begin{bmatrix} a & b \\ c & 1 \end{bmatrix} = kA \quad (k \text{は複素定数})$$

【0070】それゆえ、

【0071】

【数12】

(12)

$$r_i = k \begin{bmatrix} a & b \\ c & 1 \end{bmatrix} q_i = kAq_i$$

(13)

$$r_i = \begin{pmatrix} r_{ix} \\ r_{iy} \end{pmatrix} = k \begin{bmatrix} a & b \\ c & 1 \end{bmatrix} q_i = k \begin{bmatrix} a & b \\ c & 1 \end{bmatrix} \begin{pmatrix} q_{ix} \\ q_{iy} \end{pmatrix} = k \begin{pmatrix} aq_{ix} + bq_{iy} \\ cq_{ix} + q_{iy} \end{pmatrix}$$

【0074】としよう。

【0075】ジョーンズベクトル r_i および q_i の大きさおよび絶対位相はこの計算では必要がないから、上の式は、ジョーンズベクトルを、最初にジョーンズベクトルをポアンカレ球上に写像し、次いでポアンカレ球を複素平面に写像することにより、複素数に変換して、簡単にすることができる。ジョーンズベクトルおよびストークスベクトルのポアンカレ球への写像は、方程式(9)で与えられる正規化ストークスパラメータを空間内の点の x 、 y 、および z のデカルト座標であると定義することにより簡単に行われる。ボルン・エム (Born, M.) およびウルフ・イー (Wolf, E.) の光学原理 (Principles of Optics), 第6版, ペルガモン・プレス (Pergamon Press), ニュー・ヨーク (New York), 1989の第1章を参照。これにより単位球上の点と単一光学パワーのジョーンズベクトルとの間の一対一写像が確定する。ポアンカレ球から複素平面への写像は立体画法投影である。チャーチル・アール・ブイ (Churchill, R.V.), ブラウン・ジェイ・ダブリュー (Brown, J.W.), およびバーヘイ・アール・イー (Verhey, R.E.) 著「複素変数と応用 (Complex variables and applications)」, 第3版 (3rd Edition), マグロウ・ヒル (McGraw-Hill), ニュー・ヨーク (New York), 1976, p.20を参照。

【0076】ポアンカレ球の中心は水平複素平面の原点★

(15)

$$\begin{pmatrix} r'_1 \\ r'_2 \\ r'_3 \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} q'_1 & 1 & -r'_1 q'_1 \\ q'_2 & 1 & -r'_2 q'_2 \\ q'_3 & 1 & -r'_3 q'_3 \end{bmatrix} \begin{pmatrix} a \\ b \\ c \end{pmatrix} = Z \begin{pmatrix} a \\ b \\ c \end{pmatrix}$$

【0080】故に、

【0081】

【数16】

50

※【0072】Aは複素定数 k 以内のジョーンズ行列Mである。行列Aの要素 a 、 b 、および c はジョーンズ出力ベクトル r_i で表される三つの応答測定値およびジョーンズ入力ベクトル q_i で指定される所定の三つの順次入力偏光状態から計算することができる。

【0073】

【数13】

※

20★にあると仮定しよう。球は一つの極が原点の直上にあると規定することができる。球上の点Pは、極および球上の点Pと交わる線により平面上に写像される。線は点P'で複素平面と交差するが、P'はPの投影として知られている。ポアンカレ球が、水平直線偏光を表す点が極にあり、+45°の直線偏光を表す点が複素平面上の点(1, 0)にあるような向きになっているとき、投影P'は比 P_r/P_y (ジョーンズベクトルの x 成分と y 成分との比) で与えられる。方程式(13)を投影 $r' = r_r/r_y$ および $q' = q_r/q_y$ の項で書くと

30 【0077】

【数14】

(14)

$$r'_i = \frac{aq'_i + b}{cq'_i + 1} = aq'_i + b - cq'_i r'_i$$

【0078】が得られる。 r' および q' は複素スカラーであるが r および q は複素ベクトルであることに注意。その結果、所定の三つの順次偏光入力状態に対する三つの対応を測定したら、行列Zを定義することができる。

【0079】

【数15】

(16)

$$\begin{pmatrix} a \\ b \\ c \end{pmatrix} = Z^{-1} \begin{pmatrix} r'_1 \\ r'_2 \\ r'_3 \end{pmatrix}$$

【0082】この最後の式から、図3に数字70で示したように、 r'_1 、 r'_2 、 r'_3 および Z の要素を測定し、 Z を反転し、指示された行列乗法を行うことにより所望の行列 A を計算することができる。

*

(17)

$$r'_j = a q'_j + r'_1 - c r'_j q'_j \quad (j = 2, 3)$$

【0085】方程式(17)の両辺から r'_1 を減じ、方程式を行列の形に書き直せば、次の式が得られる。

*

(18)

$$\begin{pmatrix} r'_2 - r'_1 \\ r'_3 - r'_1 \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} q'_2 & -r'_2 q'_2 \\ q'_3 & -r'_3 q'_3 \end{bmatrix} \begin{pmatrix} a \\ c \end{pmatrix} = Y \begin{pmatrix} a \\ c \end{pmatrix}$$

【0087】故に、

【0088】

(19)

$$\begin{pmatrix} a \\ c \end{pmatrix} = Y^{-1} \begin{pmatrix} r'_2 - r'_1 \\ r'_3 - r'_1 \end{pmatrix}, \text{ および行列式 } (Y) = q'_2 q'_3 (r'_2 - r'_3)$$

【0089】従って、 $b = r'_1$ であり、図3にステップ70で示すように、 a および c を方程式(19)から計算することができ、これにより行列 A が指定される。 Y は、行列式 $(Y) \neq 0$ であれば、即ち、 $q'_2 \neq 0$ で $q'_3 = 0$ で且つ $r'_2 \neq r'_3$ であれば、反転可能である。行列 A が反転可能（即ち、完全な偏光子を表さない）ならば、 $q_1 = k^{-1} A^{-1} r_1$ であり、 $r'_2 \neq r'_3$ は $q'_2 \neq q'_3$ を意味する。 $q'_1 = 0$ であることを想起すれば、行列 A が反転可能で q'_2 および q'_3 が q'_1 と異なり且つ互いに異なれば、 Y は反転可能である。

また、測定がノイズおよびわずかな系統的誤差の存在下で行われることを考えると、行列 A の最も正確な計算は、所定の三つの順次入力偏光状態がポアンカレ球上で互いに可能な限り離れているとき得られることになる。これから三つの順次入力偏光状態の下記の好ましい選択に到達する。

【0090】或る波長で直線偏光状態を発生するのが楕円偏光状態を発生するより容易であるから、偏光入力状態は三つの直線偏光子を、ほぼ偏光していないかまたはほぼ円偏光している光ビームに連続的に押入ることにより発生するのが望ましい。これにより三つの順次偏光入力状態のパワーが大体において強制的に等しくされ、最も正確な測定が得られる。従って、相対角度が 0° 、 6

*【0083】ポアンカレ球上の点 q'_1 が球の極と直径的に対向する複素平面の原点の直下にある立体面式投影を選択することにより数学を簡単にすることができる。その場合には、 $q'_1 = 0$ 、故に、方程式(14)から $r'_1 = b$ 。その結果、上の方程式の 3×3 複素直線系を 2×2 複素系に縮小することができる。

【0084】

【数17】

※【0086】

【数18】

★【数19】

★

0° 、および 120° を成す直線偏光子 $50a$ 、 $50b$ 、および $50c$ を、ジョーンズ入力ベクトル q_1 により指定される所定の三つの順次偏光入力状態がポアンカレ球の大円上に 120° 間隔で、即ち、可能な限り離れて位置するように、選択するのが望ましい。

【0091】本発明の方法の一実施例により行列 A から光学DUT 30の偏光感度を決定することを理解するのに必要な線形代数学からの二三の手法を次に簡潔に説明することにする。記法はランカスター・ピー (Lancaster, P.) およびチスメネツスキー・エム (Tismenetsky, M.) の「行列の理論 (The theory of matrix)」, 第2版、アカデミック・プレス (Academic Press), サン・ディエゴ (San Diego), 1985の記号に従う。

【0092】標準内積 $(x, y) = y^* x$ は、複素ベクトル x および y の或る組合わせで一つのスカラーと関連づけるよう規定することができる。 $(y^*$ は y の共役置換を示し、 $\bar{y} = c$ は複素スカラー c の複素共役を示す。) ジョーンズベクトル x により表される光電界の強さは、ワンスー・ケー・エッチ (Wanser, K.H.) およびサバー・エヌ・エッチ (Sabar, N.H.) の「ファイバ光学干渉計の遠隔偏光制御 (Remote polarization control for fiber-optic interferometers)」, 光学手紙 (Optics Lett.), 12, 1987, p.p. 217~219に記されているように、内積

(x, x) に比例する。

【0093】その他に、行列 L の値の場合は、複素数 (L, x) の集合と定義される。ここで x は $(x, x) = x^* x = 1$ になるように正規化されるすべてのベクトルにわたる範囲にある。エルミート行列の値の場合は実数線の間隔であること、およびエルミート行列の固有値は実数であることがわかる。更に、 $\lambda_1 \leq \lambda_2$ である固有値 λ_1 および λ_2 を持つ 2×2 エルミート行列の値の場の最大および最小はこれらの固有値により与えられる。即ち、値の場に対する最小は λ_1 であり、最大は λ_2 である。

【0094】更に、行列積 $B^* B$ は正の半確定であるから、積の平方根 $(B^* B)^{1/2}$ が存在する。 B の特異値 σ_i はこの平方根の固有値である。即ち、 $\sigma_i(B) = \lambda_i((B^* B)^{1/2})$ 。特異値は負でない実数である。 $\sigma_i^2(B) = \lambda_i(B^* B)$ であること、および平方行列の特異値はユニタリ変換のもとで不変であること、即ち、任意の平方行列 B についておよび任意の二つのユニタリ行列 C および D について、 $\sigma_i(B) = \sigma_i(CBD)$ 。

【0095】次に、光学DUT 30の偏光感度を決定するには、可能なすべての偏光状態の範囲にわたり光学DUT 30を通る最大および最小強度透過係数 t_{max} および t_{min} を見出すのが望ましい。光学DUT 30への入力光電界はジョーンズ入力ベクトル q で与えられ、出力光電界は Aq で与えられるので、問題は一定強度 (q, q) のすべての入力 q にわたり (Aq, Aq) の最大値および最小値を見出すことに減*

(21)

$$\frac{t_{max}}{t_{min}} = \frac{f+h+\sqrt{(f+h)^2+4(g-fh)}}{f+h-\sqrt{(f+h)^2+4(g-fh)}}$$

$$\text{ここで } f = |a|^2 + |c|^2$$

$$g = |a|^2|b|^2 + |c|^2 + d$$

$$h = 1 + |b|^2$$

【0100】但し、 $d = 2\text{Re}[\text{バー}abc]$ (バーは a のみ)である。ただしバー a は a の複素共役である。所定の三つの順次入力偏光状態が相対角度 0° 、 60° 、および 120° にあれば、投影される刺激は $q_1' = 0$ ($b = r_1'$)、 $q_2' = \tan 60^\circ = 3^{1/2}$ 、および $q_3' = \tan 120^\circ = -3^{1/2}$ である。

【0101】光ファイバ51および52のような光ファイバが存在すれば、これらファイバの応答は光学DUT 30の応答に含まれる。しかし、単一モード光ファイバの伝達損失の偏光依存性は典型的には測定し得ぬほど充分小さく、このため、ジョーンズ行列はユニタリ行列になる。ワンスー・ケー・エッチ (Wanser, K.H.) およびサバー・エヌ・エッチ (Sabar, N.H.) の「ファイバ光学干渉計の遠隔偏光制御 (Remote polarization control for fiber-optic interferometers)」, 光学手紙 (Optics Lett.)

少される。線形代数学を利用すれば、 $(Aq, Aq) = (Pq, q)$ 、ただし $P = A^ A$ はエルミート、であることがわかる。それ故最大および最小強度透過係数を見出すことは P の値の場の最大および最小を見出すことと等価であり、これら最大および最小は $\lambda_1(P)$ および $\lambda_2(P)$ で与えられ、これらは P の固有値である。従って、図3に70で示すステップで行列 A を決定すれば、光学DUT 30を通るパワー透過の偏光感度 (または依存性) を、図3に数字72で示したように、以下のように決定することができる。

【0096】光学DUT 30を通るパワー透過の全体的変化に対する行列 A の特異値で表して得た偏光感度の式は、

【0097】

【数20】

(20)

$$\frac{t_{max}}{t_{min}} = \frac{\sigma_2^2(A)}{\sigma_1^2(A)}$$

【0098】で示される。ここで $\sigma_1(A)$ および $\sigma_2(A)$ は A の特異値である。 $\sigma_i^2(A) = \lambda_i(A^* A)$ であり、ここで $i = 1, 2$ 。 $\lambda_i(A^* A)$ は $A^* A$ の固有値であり、 A^* は A の共役置換である。これから偏光感度を決定する次式が得られる。

【0099】

【数21】

l.), 12, 1987, p.p. 217~219, およびポール・シー・デー (Poole, C.D.) およびウァグナー・アール・イー (Wagner, R.E.) の「長い単一モードファイバの偏光分散に対する現象学的アプローチ (Phenomenological approach to polarization dispersion in long single-mode fibers)」, 電子手紙 (Elect. Lett.), 22, 1986, p.p. 1029~1030を参照。光学DUT30のそれぞれ入力および出力に接続される光ファイバ51および52にはそれ故図1に示すようにそれぞれユニタリジョーンズ行列 U および V の記号が付けてあり、光ファイバで接続された光学DUTの伝達行列はそれ故VAUである。

【0102】方程式(20)で示される光学DUT30の偏光感度は、偏光感度が行列 $A' = k^{-1}M$ に基づいて決定されるので相対項 t_{max}/t_{min} で表してある。ただし M は光学

装置に対する実際のジョーンズ行列である。複素定数 k の値は絶対パワー透過損失または利得を決定し得るように、次のように見出すことができる。

【0103】上述の偏光感度の決定からすべての偏光状態にわたり光学DUT 30を通るパワー損失または利得の変化で表した比が得られる。スルー (through) 較正を追加することにより絶対損失または利得の範囲を決定することができる。

【0104】最初に、損失を無視し得ると仮定されるスルー (ファイバ結合の場合、単一モード光ファイバ、または開放ビームの場合、大気) を、図4に数字80で示したように、偏光光源9と光学偏光計10の間に光学DUT 30の代わりに接続する。次に、そのスルーにより偏光計10に伝えられた光パワー I_{Fn} を、図4に数字82、84、および86で示したように、偏光合成器50が所定の三つの順次偏光入力状態を発生するにつれて、測定する ($n=*$ (22))

$$\frac{I_{Dn}}{I_{Fn}} = \frac{|r_n|^2}{|q_n|^2} = \frac{|kAq_n|^2}{|q_n|^2} = |k|_n^2 \frac{|Aq_n|^2}{|q_n|^2}$$

【0107】 q_n は(23)によりその投影 q'_n に関係づけられる。

【0108】

【数23】

(23)

$$q_n = \sqrt{\frac{|q_n|^2}{1 + |q'_n|^2}} \begin{pmatrix} q'_n \\ 1 \end{pmatrix}$$

※30

(24)

$$|Aq_n|^2 = (Aq_n, Aq_n) = q_n^* A^* A q_n = \frac{|q_n|^2}{1 + |q'_n|^2} (q_n^* \ 1) A^* A \begin{pmatrix} q'_n \\ 1 \end{pmatrix}$$

【0111】そこで

【0112】

(25)

$$|k|_n^2 = \frac{I_{Dn}}{I_{Fn}} \frac{|q_n|^2}{|Aq_n|^2} = \frac{I_{Dn}}{I_{Fn}} \frac{1 + |q'_n|^2}{(q_n^* \ 1) A^* A \begin{pmatrix} q'_n \\ 1 \end{pmatrix}}$$

【0113】これから図5に数字92で示すように、複素定数 k を計算することができる。

【0114】 $|k|_n^2$ の三つの値は計算される ($n=1, 2, 3$)。三つはすべて等しいはずであるが、誤差およびノイズが存在するので $|k|_n^2$ に対して平均値 $|k|_{1...3}^2 = 1/3 (|k|_1^2 + |k|_2^2 + |k|_3^2)$ を使用するのが望ましい。

【0115】次に、光学DUT 30を通る最大および最小の

*1、2、3)。これによりスルー較正を完了する。次に、図4に数字88で示すように、光学DUT 30をスルーの代わりに置き換える。次に、図4の数字60'、62'、および64'で示したように、図3と関連して説明したステップ60、62、および64を行う。他に、図4に数字90で示したように、同じ所定の三つの順次偏光入力状態の各々について光パワー I_{Dn} ($n=1, 2, 3$)を測定する。その後で、図5に数字66'、68'、および70'で示したように、図3と関連して説明したステップ66、68、および70を行う。これからスルーに対する三つの光パワー測定値、光学DUT 30に対する三つの光パワー測定値、および行列Aが生ずる。

【0105】スルーの損失は無視し得る (即ち、ユニタリジョーンズ行列である) から、方程式(12)から

【0106】

【数22】

※【0109】従って、

【0110】

【数24】

★【数25】

★

透過は、 $A^* A$ または $M^* M$ の固有ベクトル e_1 および e_2 で与えられる偏光状態で生ずる。これら行列積の固有ベクトルが同一だからである。二つの入力偏光状態が単位振幅の固有ベクトルであると考えられれば、光学DUT 30の応答は $r_1 = k A e_1$ および $r_2 = k A e_2$ となる。ここで k は $|k|_{1...3}^2$ の平方根に等しい。従って、

【0116】

【数26】

(26)

24

$$T_{min} = \frac{|r_1|^2}{|e_1|^2} = \frac{|k|^2 e_1^* A^* A e_1}{1} = |k|^2 e_1^* \lambda_1 e_1 = \lambda_1 |k|^2$$

$$T_{max} = \frac{|r_2|^2}{|e_2|^2} = \frac{|k|^2 e_2^* A^* A e_2}{1} = |k|^2 e_2^* \lambda_2 e_2 = \lambda_2 |k|^2$$

ここで $\lambda_1 \leq \lambda_2$

【0117】ここで λ_1 および λ_2 は A^*A の固有値である。即ち、 $m=1, 2$ について $\lambda_m e_m = A^* A e_m$ である。故に、図5に数字94で示したように、パワー損失 m^*

*または利得の絶対範囲は

【0118】

【数27】

(27)

$$T_{min} = \lambda_1 |k|^2 \quad \text{および} \quad T_{max} = \lambda_2 |k|^2$$

【0119】で与えられる。同様に、偏光感度は反射の場合に光学DUT 30からの或る偏光状態についての最小反

20

射に対する或る偏光状態についての最大反射の比と定義することができる。反射の場合の偏光感度は一般に相対項で r_{111}/r_{112} としてまたは絶対項で R_{111} および R_{112} として表すことができる。

【0120】 r_{111}/r_{112} および R_{111} および R_{112} は、図6に示す計器を使用して、透過測定代わりに反射測定を行って、それぞれ t_{111}/t_{112} および T_{111} および T_{112} と類似して決定することができる。図6に示す要素9'、10'、30'、51'、および52'はそれぞれ図1に示す9、10、30、51、および52に対応する。唯一の違いは、光ビ

30

ーム1が方向性光結合器100により光学DUT30'に供給され、偏光計10'に供給されるビームの部分Δ1が、図1に示すように光学DUT 30により偏光計10に伝えられるビームではなく、反射ビームであるということである。従って、透過および反射の測定は共に本発明による偏光感度測定方法の範囲内にあると考えられる。

【0121】要約すれば、光学DUT30または30'の偏光感度は、図3に示すように、相対項で、または、図4及び5に示すように、絶対項で求めることができる。いずれの場合でも、行列Aが決まる。行列Aを決めることがで

40

きるから、本発明による方法の原理は、光学DUT30または30'のような完全には偏光していない任意の光回路により生ずる偏光状態のひずみを、所定の三つの順次入力偏光状態を利用して光回路の行列Aを求め、ジョーンズ出力ベクトルで表される光回路による続く測定期間中の応答に行列Aの逆行列を乗ずることにより、補正することと一般化することができる。その他、図4及び5に示す方法の場合には、この校正は絶対項で表される。

【0122】一層詳細に考察すると、完全に校正すべき光回路は図3および図4、5に示すプロセスの目的では

50

光学DUT であると考えられる。それで、図3に示すステップ72の相対偏光感度の決定にまたは図5に示すステップ94の絶対偏光感度の決定に進むより、本発明による方法は、次のように、校正を行う。

【0123】本発明による方法の一実施例は、既知の偏光の三つ以下の基準偏光ビーム源を使用して、図1および図6に示す計器の校正を行い、偏光計10の入力径路に完全には偏光していない任意の光回路によって生じた偏光状態のひずみをも補正する。好適には、所定の三つの順次入力偏光状態を偏光光源9または9'と偏光計10または10'との間の光路の校正し盡したい光回路に供給して、図3および図4、5に関連して上に説明した手順により行列A'の要素a'、b'、およびc'を求め、試験中の光学装置に対する行列Aを決定する。即ち、校正し盡すべき光回路は、行列Aの決定に関する限りこれまでの説明の目的では試験中の光学装置であると実際上考えられる。それ故、規定の校正基準枠（例えば、偏光計10への入力の平面）から行列A'は、図3に数字102で示したように、(28)になる。

【0124】

【数28】

(28)

$$A' = \begin{bmatrix} a' & b' \\ c' & 1 \end{bmatrix}$$

【0125】次に、偏光計10を用いて測定した任意のジョーンズ出力ベクトルrは、図3に数字104で示したように、全応答rにA'の逆（即ち、 A'^{-1} ）を乗ずることにより規定校正基準枠に変換することができる。同様に、規定校正基準枠からのジョーンズ行列M'は、図5に数字106で示したように(29)である。

[0126]

[数29]

(29)

$$M' = k' A' = k' \begin{bmatrix} a' & b' \\ c' & 1 \end{bmatrix}$$

【0127】次に、偏光計10を使用して測定した任意のジョーンズ出力ベクトル r を、図5に数字108で示したように、全応答 r に M' の逆（即ち、 M'^{-1} ）を乗ずることにより規定校正基準枠に変換することができる。校正したジョーンズ出力ベクトルが $v_{c,i}$ であれば、 $v_{c,i} = M'^{-1} v$ である。

【0128】また、ストークスベクトル s の測定値はすべて、 M'^{-1} と等価であるミューラー行列 M_1 を掛けることにより校正ストークスベクトル $s_{c,i}$ に変換することができる。即ち、 $s_{c,i} = M_1 s$ 。 M_1 は、ハウジ・ピー・エス (Hauge, P. S.) 等の「表面科学 (Surface Science)」, 96, 1980, p. p. 101~107に記されている手順により M'^{-1} から得ることができる。

【0129】校正し盡すべき光回路または光学DUTが完全に偏光していれば（完全な偏光子として挙動すれば）、ミューラー行列等価物なるように、そのジョーンズ行列 M' は正則でない行列になる。このような光回路または光学DUTは、正則でない行列は逆行列が存在しないので、校正し盡すことはできない。

【0130】最後に、米国特許第4,681,450号および第4,158,506号に開示されている装置に固有のビーム合わせおよび位置決め問題は、入力光ファイバ11を使用して光ビーム $\Delta 1$ を偏光計10に導くことにより、本発明による方法の一実施例に従って解決することができる。このような光ファイバは空間フィルタとして働くので、入来光ビーム $\Delta 1$ の方向および分布は非常に再現性が良い。しかし、このような光ファイバは、曲げのような、機械的歪のもとで複屈折性になることがあり、そのため入射光ビームの偏光状態および偏光測定の精度に影響することがあることが知られている。従って、入力光ファイバ11により誘起される任意の偏光効果を補正するよう校正を次のように行うことも望ましい。

【0131】入力光ファイバ11により誘起される偏光変換を記号 $[M]$ で示した実数の 4×4 ミューラー行列として表すことができる。長さの短いファイバは損失を無視することができ、光ビーム $\Delta 1$ の偏光の程度を変えない。従って、行列 $[M]$ を直交 3×3 サブ行列 $[T]$ で次のように書くことができる。

[0132]

[数30]

(30)

$$[M] = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & & & \\ 0 & [T] & & \\ 0 & & & \end{bmatrix}$$

【0133】ストークスベクトル $[p]$ により記述される光ビームの部分 $\Delta 1$ は、 $[p]$ は列行列であるが、入力光ファイバ11により偏光 $[p']$ の出力ビームに変換される。変換は行列積として書くことができる。

[0134]

[数31]

(31)

$$[p'] = [M][p]$$

【0135】行列 $[M]$ のすべての要素を知れば、行うべき補正が確定する。行列 $[M]$ および $[T]$ にはそれぞれ $[M^{-1}]$ および $[T^{-1}]$ で記される逆行列がある。これを次のように示すことができる。

20 [0136]

[数32]

(32)

$$[M^{-1}] = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & & & \\ 0 & [T^{-1}] & & \\ 0 & & & \end{bmatrix}$$

【0137】入力光ファイバ11により生じた偏光状態のひずみを補正する本発明による方法の一実施例は、直線偏光した二つの異なる光ビームを順次導入し、図7に数字120および122で示したように、偏光計10を使用して入力光ファイバ11の出力で得られる二つの偏光状態を測定することにより、行列 $[T]$ を、従って、行列 $[M]$ を決定する。これら二つの入力光ビームの偏光方向は互いに対して 45° の角をなすのが望ましいが、先に説明した所定の三つの順次入力偏光状態のうちの二つを含めて、 0° と 90° を除いた任意の相対角度を使用することができる。図7に数字124で示したように、3要素正規化ストークスベクトル n は、ストークスベクトルの第2、第3、および第4の要素を第1の要素で割ることにより完全4要素ストークスベクトル s から求めることができる。

[0138]

[数33]

(33)

$$n = \begin{bmatrix} \frac{S_1}{S_0} \\ \frac{S_2}{S_0} \\ \frac{S_3}{S_0} \end{bmatrix}$$

【0139】第1の光ビームが水平に偏光していると仮定すれば、入力光ファイバ11から現れる偏光状態は正規化ストークスベクトル h で表すことができる。第2の光ビームから得られる偏光は正規化ストークスベクトル f で表すことができる。三つの直交ベクトル x 、 y 、および z は従って次のような形になる。

【0140】

【数34】

(34)

$$x = \frac{h}{|h|}$$

$$z = \frac{h \times f}{|h \times f|}$$

$$y = x \times z$$

【0141】どんな二つの基準光ビームも、それらが0でない交差積 $h \times f$ を有するストークスベクトル h および f に対応する限り、 $[T]$ を決定するのに使用することができ、これは0°および90°を除き、それらの偏光方向の間のすべての相対角度について真である。

【0142】 x 、 y 、および z の要素は所望の行列 $[T]$ の列である。

【0143】

【数35】

(35)

$$[T] = \begin{bmatrix} x_1 & y_1 & z_1 \\ x_2 & y_2 & z_2 \\ x_3 & y_3 & z_3 \end{bmatrix}$$

【0144】入力光ファイバ11の入力における所望の偏光状態は、図7に数字126で示すように、行列 $[T]$ の逆行列を作り、逆行列（即ち、 $[T^{-1}]$ ）を方程式(32)の行列 $[M^{-1}]$ に代入することにより求められる。次に図7に数字128で示したように逆ミューラー行列 $[M^{-1}]$ を使用して入力光ファイバ11の出力で測定された偏光状態を乗じて光ビーム $\Delta 1$ の偏光状態のひずみを補正する。

【0145】

【数36】

(36)

$$[p] = [M^{-1}][p']$$

【0146】偏光計10の種々な波長でのこの校正補正の計算は、図2に示すマイクロプロセッサ27で行うことができる。同様な校正は光ファイバについてばかりでなく、偏光の程度を実質的に変えることなく偏光状態を変換するどんな複屈折性媒体についても行うことができる。

【0147】図5にステップ106および108で示す校正および図7に示す校正を共に行って、絶対的に規定された基準校正枠が確定する。即ち、校正は偏光光源9または9'から下流の偏光状態のすべてのひずみを補正する。

【0148】前述の説明は主として図解の目的で提示したものである。試験中の光学装置の偏光感度を測定する方法および装置の多様な実施例および関連する校正について開示したが、当業者には、上に述べなかった多数の他の修正および変形を特許請求の範囲に記す本発明の精神および範囲から逸脱することなく、なおも行うことができることが明かであろう。例えば、図2に示す収束凹面鏡12をビームスプリッタおよび関連のコリメーティングレンズおよび収束レンズで置き換えることができる。更に、反射特性の測定を、図6に示す方向性光結合器100の代わりにビームスプリッタを使用して行うことができる。従って、本発明の範囲は特許請求の範囲を参照することによってのみ確定することができる。

【0149】

【発明の効果】本発明は、入射光ビームの種々の偏光状態に対して試験中の光学装置の偏光感度が測定しやすく、測定した偏光感度を校正でき、正確に且つ迅速に得ることができる他に、行うのに便利である方法および装置である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に従い透過測定に基づいた試験中の光学装置の偏光感度を測定する計器の概略図である。

【図2】図1に示した計器に組み込まれた偏光計の、試験中の光学装置からの光ビームの受光部の光路を示す斜視図の概略図である。

【図3】試験中の光学装置の偏光感度を決定し、該試験中の光学装置により惹起される偏光歪みを補正する校正を行う本発明による方法の一実施例のフローチャートである。

【図4】絶対偏光感度を測定し、完全には偏光していない任意の入力光回路の偏光歪みを補正する絶対校正を行う本発明による方法の一実施例のフローチャートの一部である。

【図5】絶対偏光感度を測定し、完全には偏光していない任意の入力光回路の偏光歪みを補正する絶対校正を行う本発明による方法の一実施例のフローチャートの一

29

30

部である。

【図6】 本発明に従い反射測定に基づいた試験中の光学装置の偏光感度を計器が測定するために配列された図1に類似の該略図である。

【図7】 図2に示した偏光計に組み込まれた入力光ファイバの偏光歪みを補正する較正を行う本発明による方法の一実施例のフローチャートである。

【符号の説明】

8, 8' 計器

9, 9' 偏光光源

10, 10' 偏光計

11 単一モード光ファイバ

12 収束凹面鏡

14, 15, 16 直線偏光子

17 四分の一波長板

18, 19, 20, 21 光検出器

27 マイクロプロセッサ

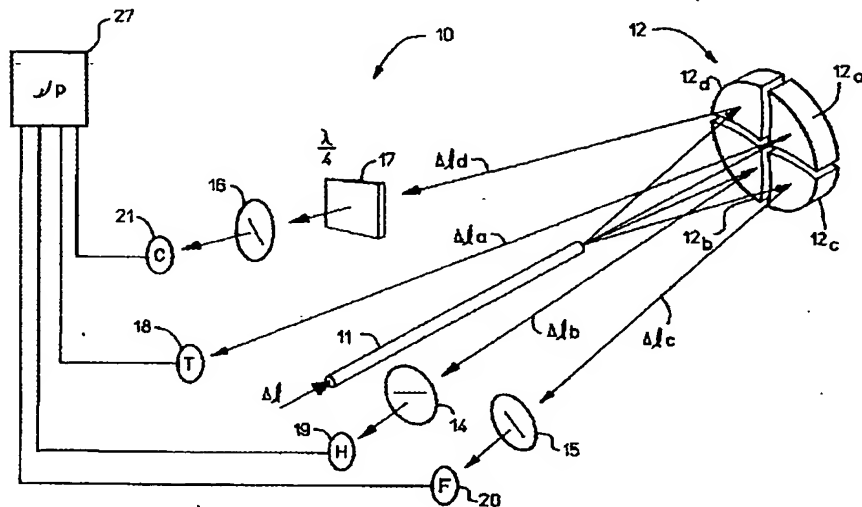
30, 30' 試験中の光学装置

40, 40' 光源

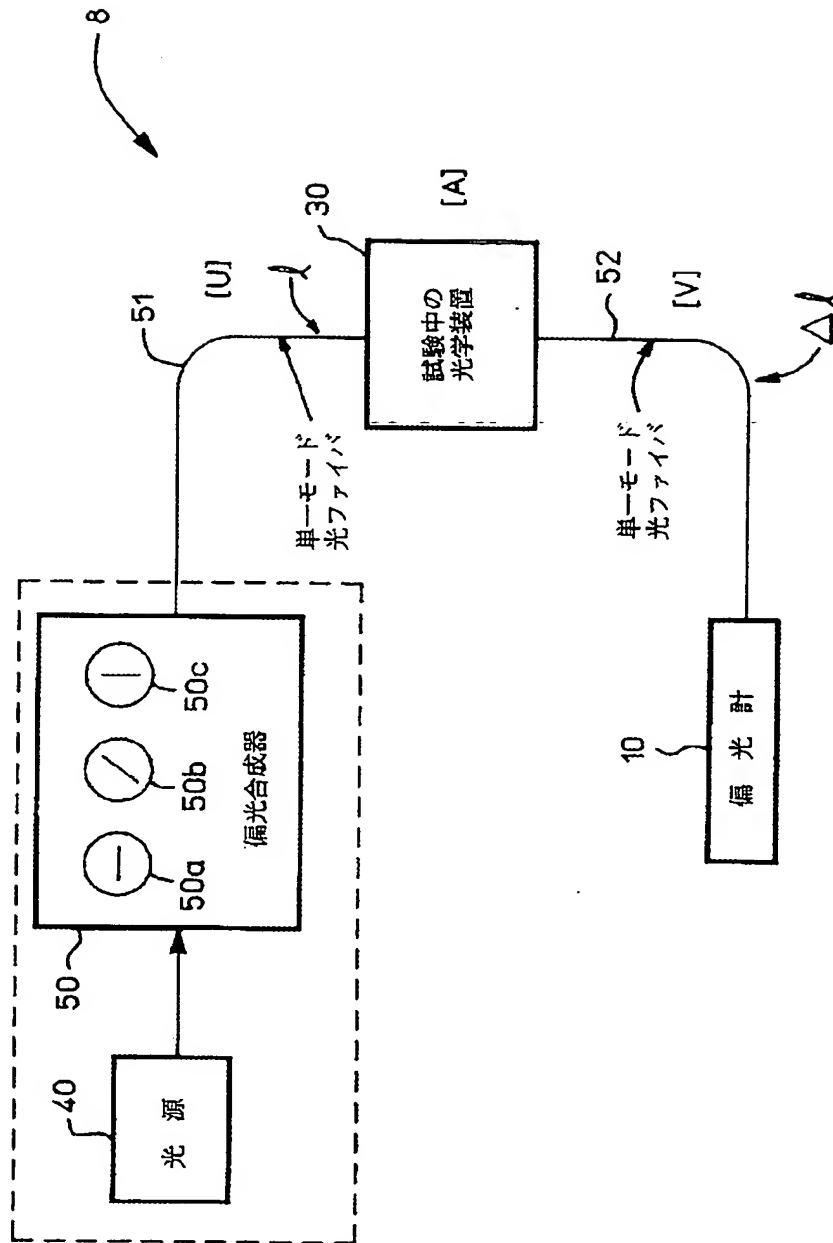
50, 50' 偏光合成器

10 100 方向性光結合器

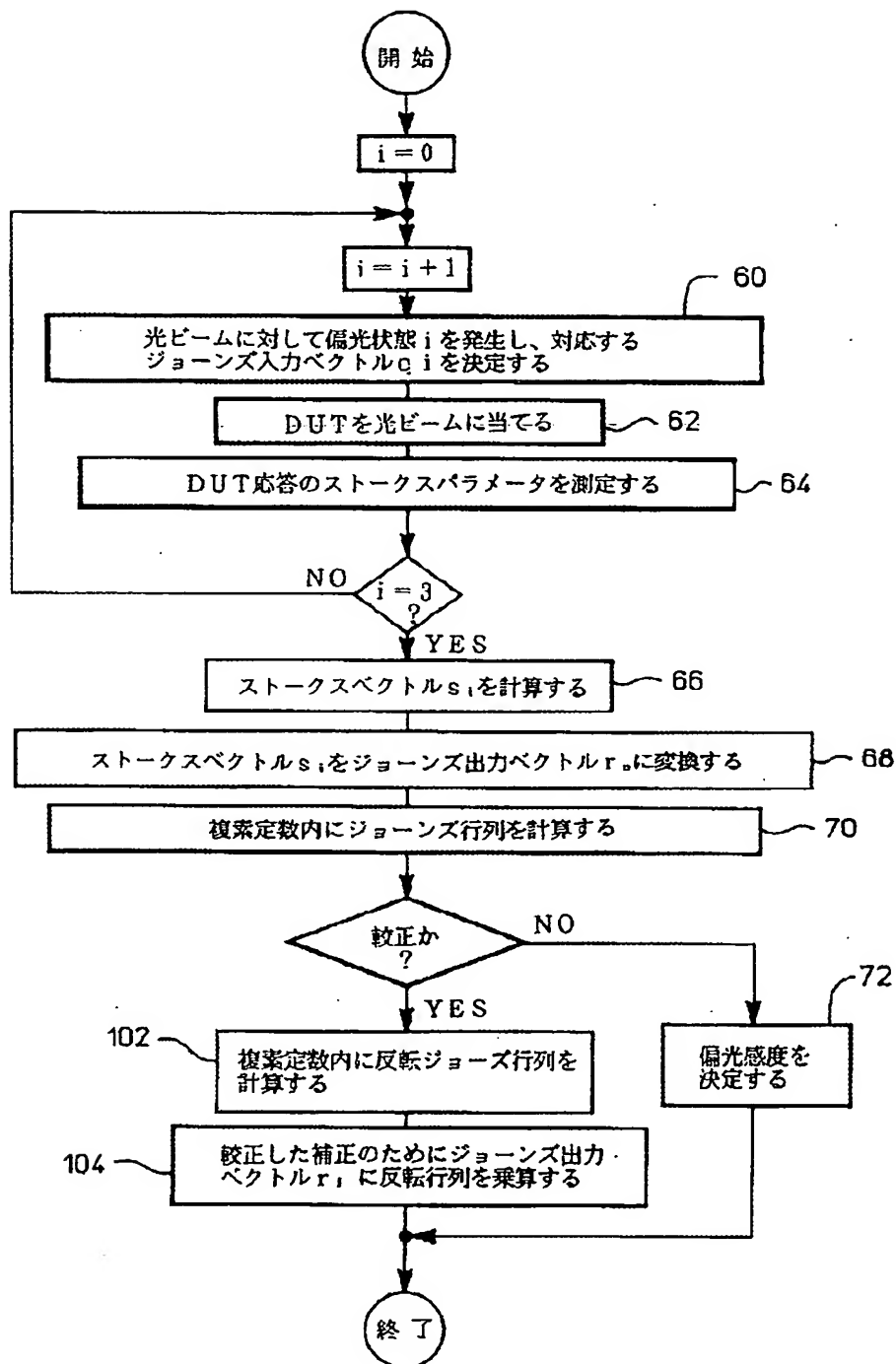
【図2】



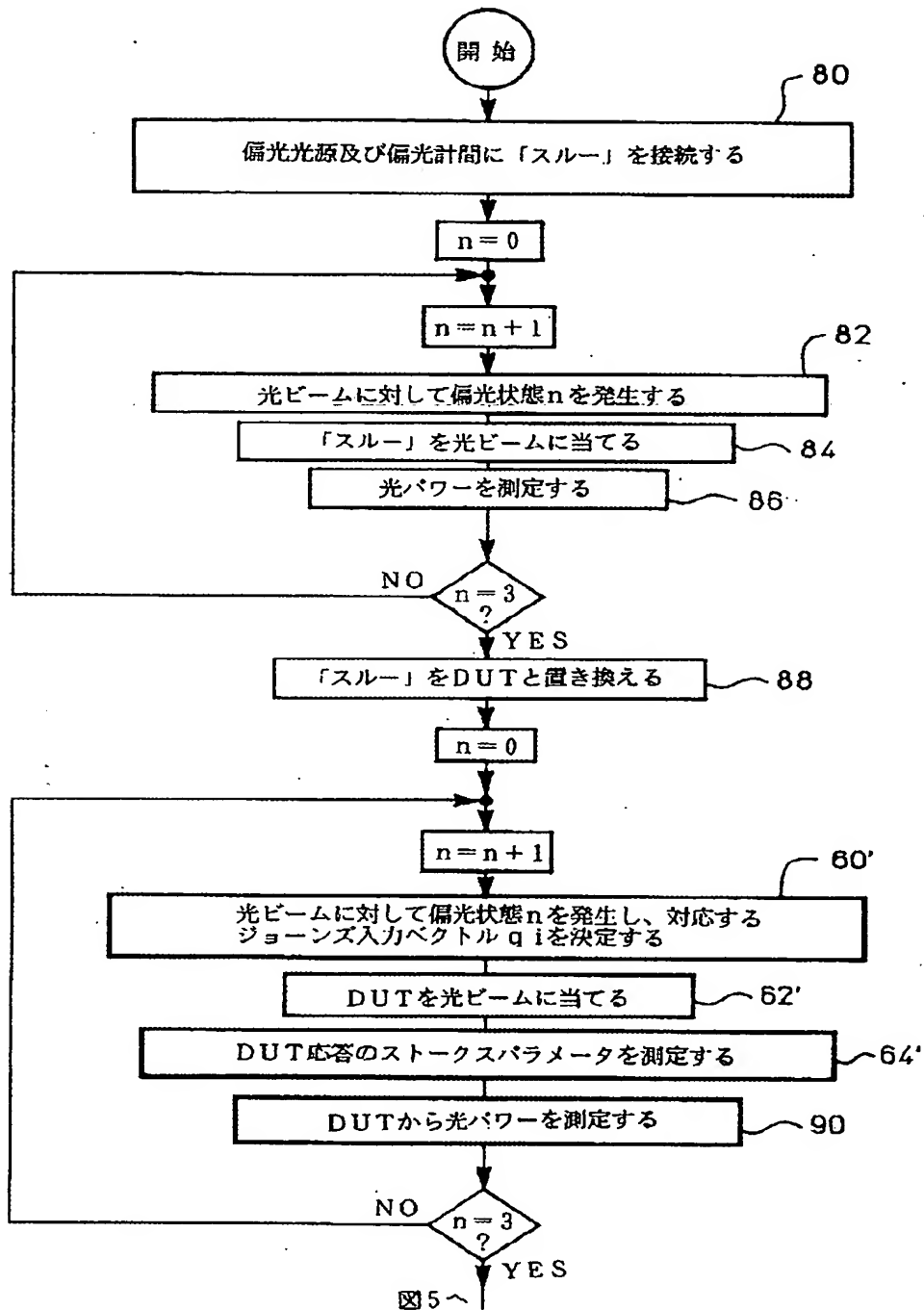
【図1】



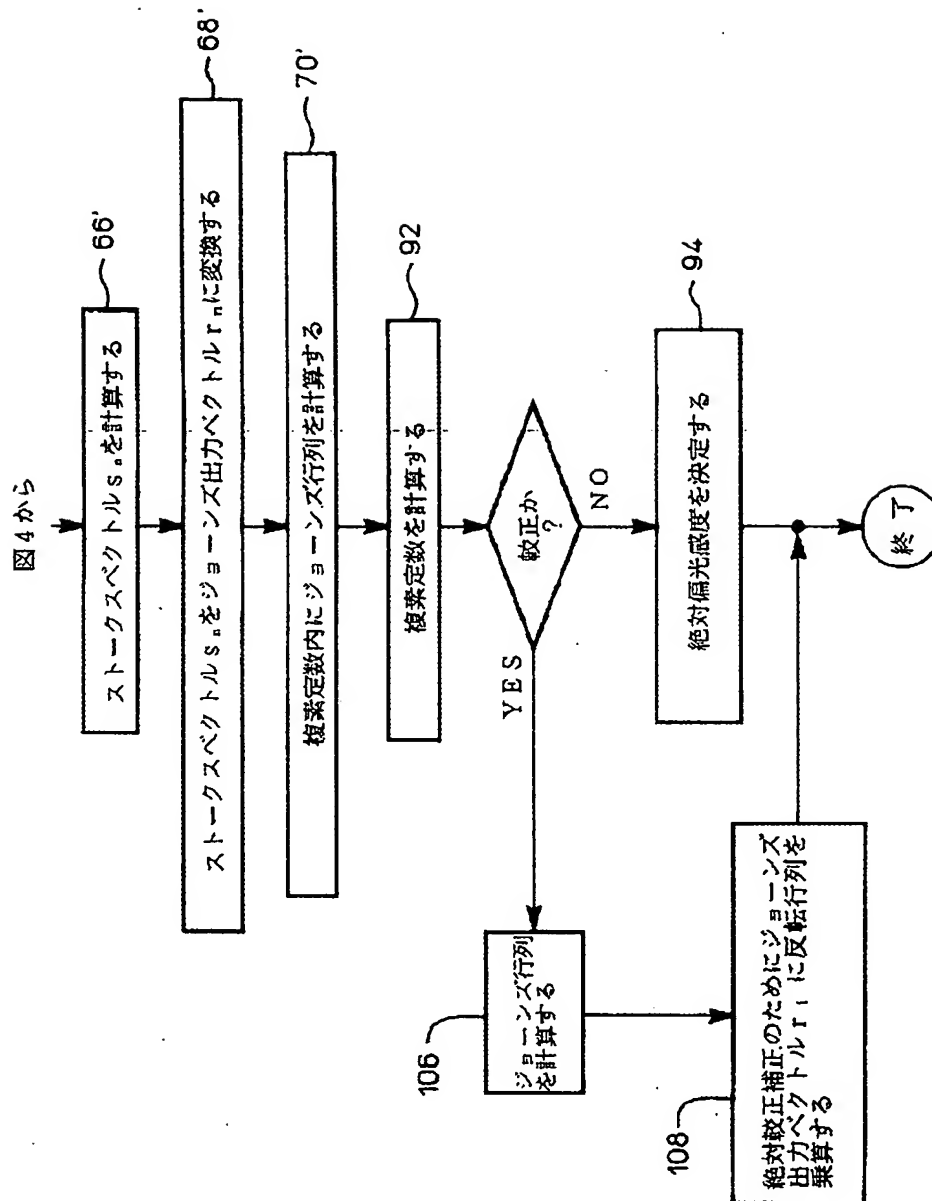
【図3】



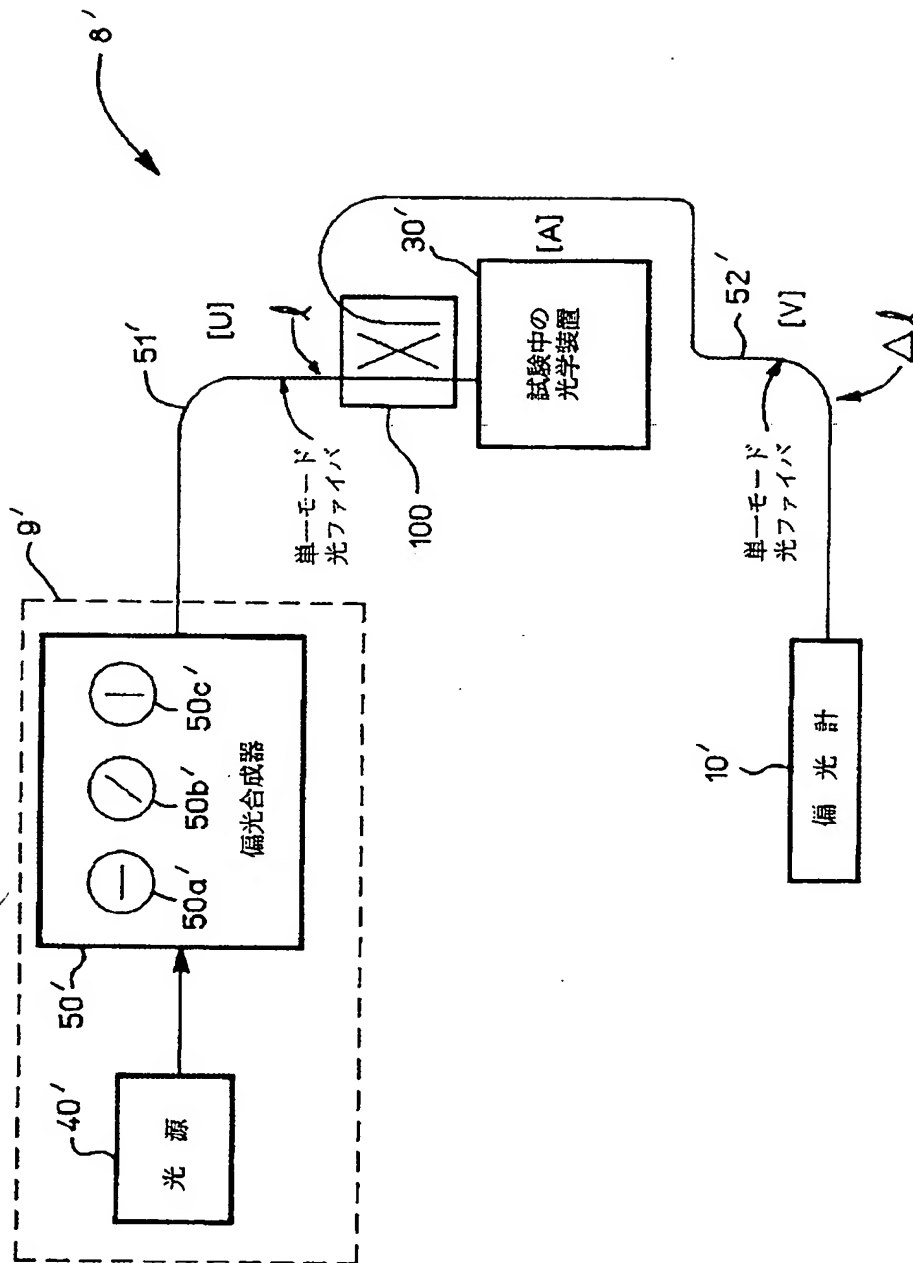
【図4】



【図5】



【図6】



【図7】

